

# IMAGENES HIPERESPECTRALES DE NÚCLEO APLICACIONES

- DEPÓSITOS EPITERMALES DE BAJA SULFURACIÓN -

Octubre 2021

FOR RESTRICTED USE ONLY – NO DISTRIBUTION ALLOWED  
[sales@corescan.com.au](mailto:sales@corescan.com.au)

Introducción a Corescan y las Imágenes Hiperespectrales de Núcleo

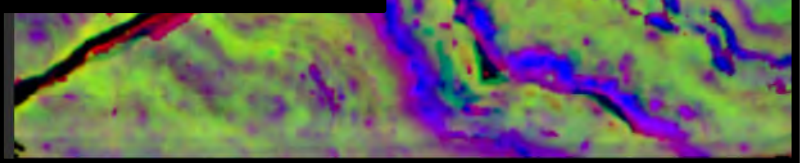
Información General sobre Depósitos Epitermales de Baja Sulfuración

Rasgos Estructurales

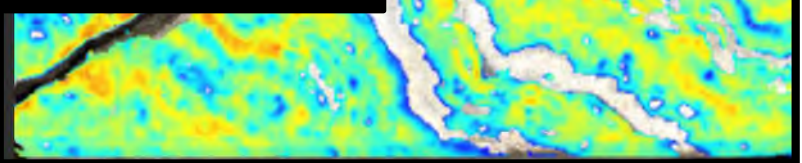
Foto (50 $\mu$ m)



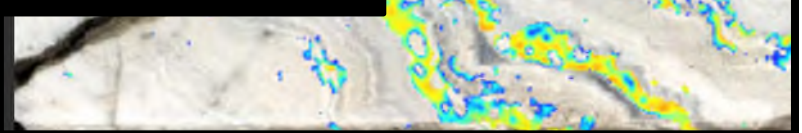
Ternario en Falso Color



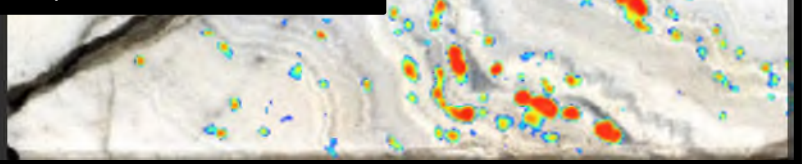
Mapa de Sílice-Cuarzo



Mapa de Montmorillonita-Illita



Mapa de Carbonato



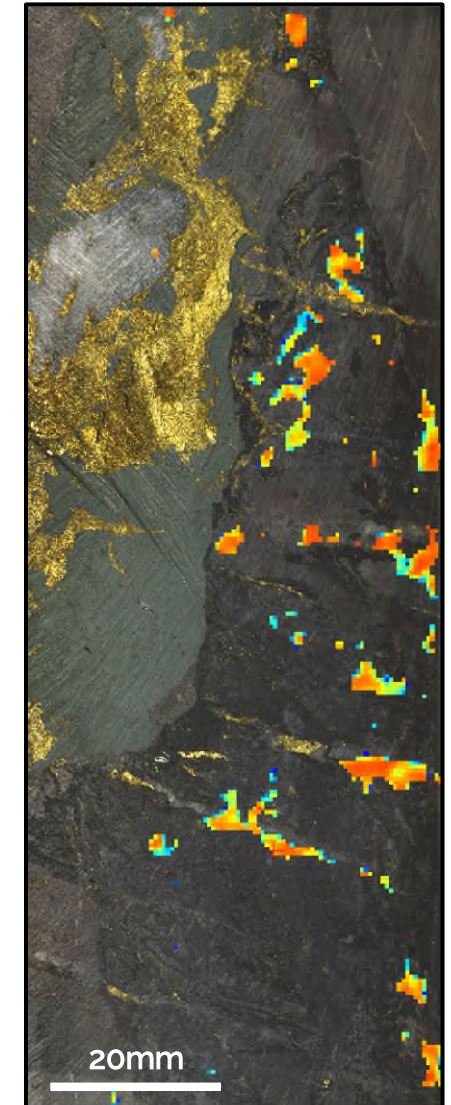
## Identificación y mapeo de minerales a lo largo del ciclo minero:

- Mejora de dominios de alteración y ensambles minerales
- Selección y caracterización de muestras metalúrgicas y geoquímicas
- Mediciones geotécnicas para diseño de mina e ingeniería
- Identificación de vectores de alteración para blancos de exploración
- Caracterización de mena y ganga para procesamiento mineral y optimización
- Verificación terrestre de levantamientos hiperspectrales aerotransportados

Los laboratorios hiperspectrales de Imágenes de núcleo de CoreScan (HCI) integran espectroscopía de reflectancia de alta resolución, imágenes visuales y perfiles láser 3D para mapear la mineralogía, composición mineral y morfología del núcleo, lo que proporciona un conocimiento geológico mejorado.

## Cronología resumida:

- La ingeniería del sensor comenzó en 2001
- Las operaciones comerciales comenzaron en 2011
- Más de 580 proyectos / 1.2 millones de metros escaneados, procesados y entregados con éxito





# Imágenes Hiperespectrales de Núcleo: Tipos de Material

Núcleo cortado / dividido



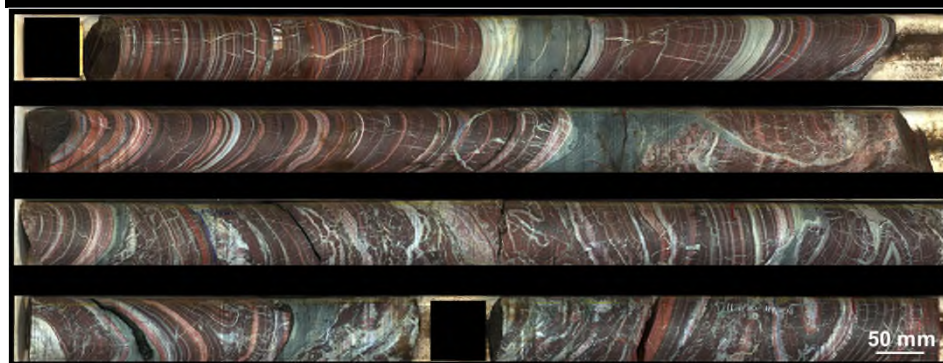
Muestras de Mano



Suelos



Núcleo entero / sin cortar



Chips, recortes, tronadura



# Hyperspectral Core Imager: Modelos 3 & 4

Specifications	HCI-3.2	HCI-4.1	HCI-4.2
RGB photography - spatial resolution	50 µm	25 µm	25 µm
Surface profiling - spatial resolution	500 µm	50 µm	50 µm
Spectrometer type	Imaging	Imaging	Imaging
Imaging spectrometer - spatial resolution	500 µm	500 µm	250 µm
Spectra per meter (1000mm x 60mm)	240,000	240,000	960,000
Spectral range - VNIR (nm)	450 - 1,000	450 - 1,000	450 - 1,000
Spectral range - SWIR (nm)	1,000 - 2,500	1,000 - 2,500	1,000 - 2,500
Spectral resolution (nm)	4nm	4nm	2nm
Core tray length (maximum)	1,550mm	1,550mm	1,550mm
Core tray width (maximum)	600mm	600mm	700mm
Supports material weighing	-	-	Yes
Supports pass-through workflow	-	-	Yes
Scanning speed	~10mm per second	~25mm per second	~18mm per second

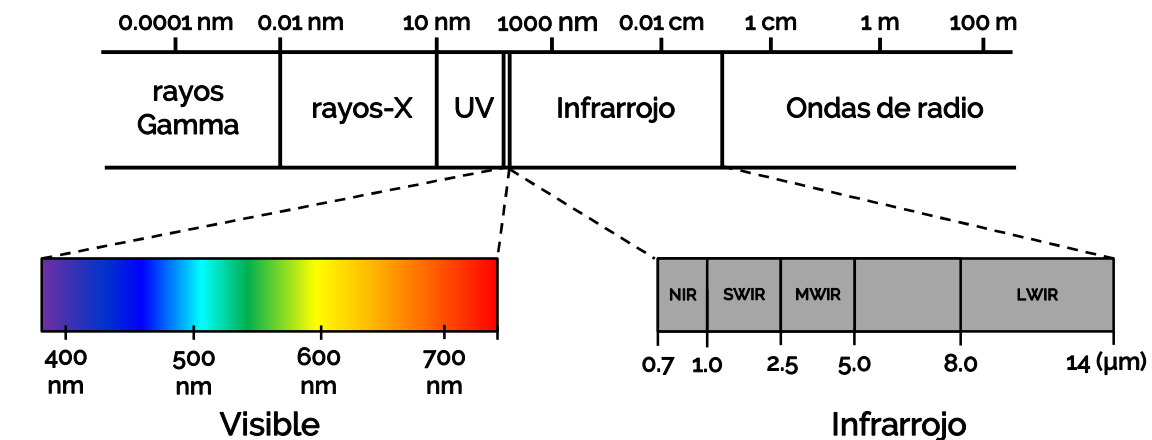


For further information please visit: <https://corescan.com.au/products/hyimager/>

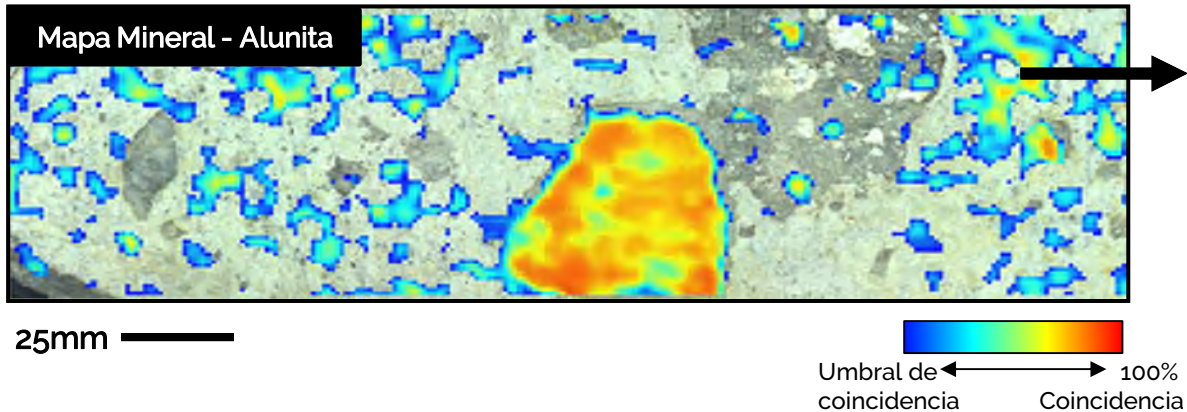


# Mineralogía Hiperespectral Continua

Los espectrómetros patentados de CoreScan miden cientos de bandas contiguas estrechas en el espectro electromagnético de 450 a 2500 nm, que abarcan el espectro visible e infrarrojo cercano (VNIR), y el infrarrojo de onda corta (SWIR).

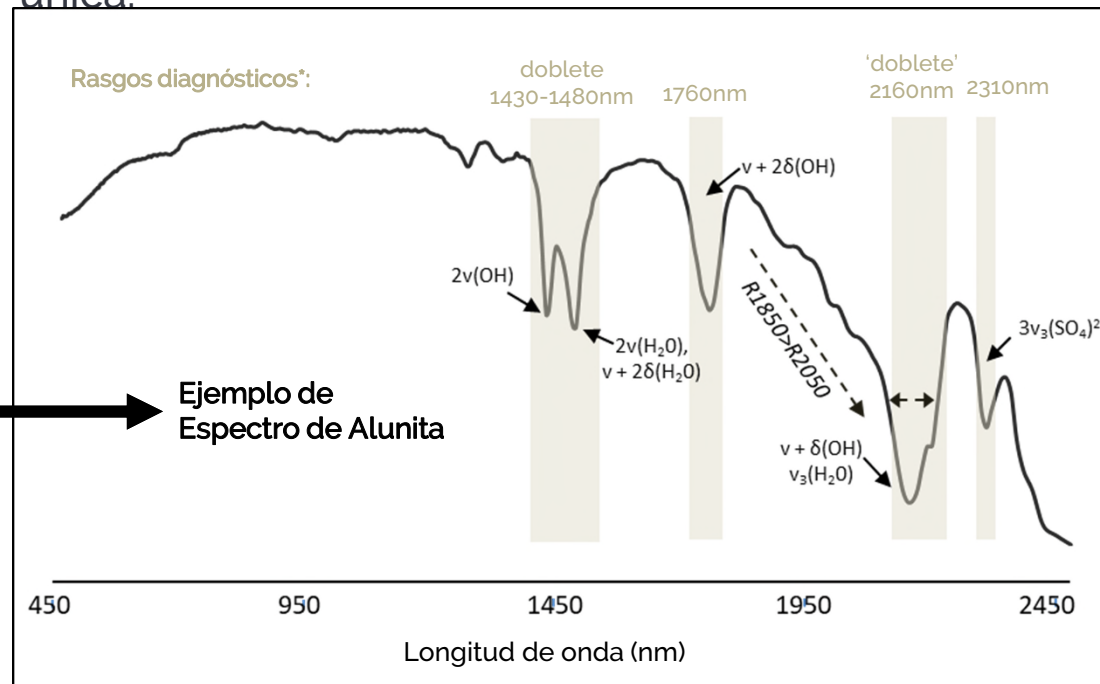


Harraden, 2018



Tamaño de Pixel\*\*  
500μm

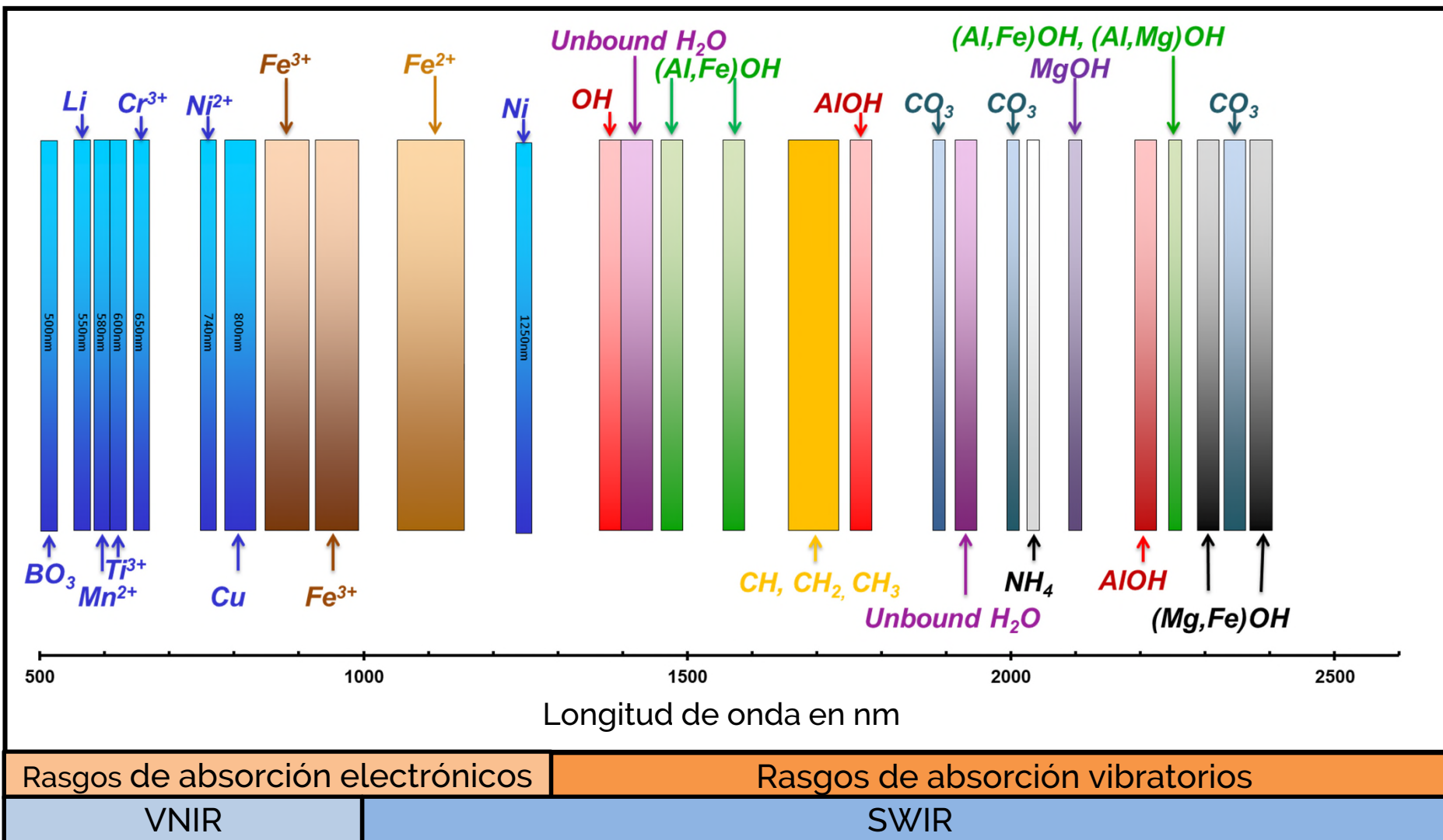
Se obtienen imágenes de la superficie del núcleo con ~250,000 pixeles por metro\*; con cada pixel\* de 500 μm x 500 μm midiendo una firma espectral única.



Ejemplo de Espectro de Alunita

\*Específico del instrumento HCl-3  
\*\* No a escala

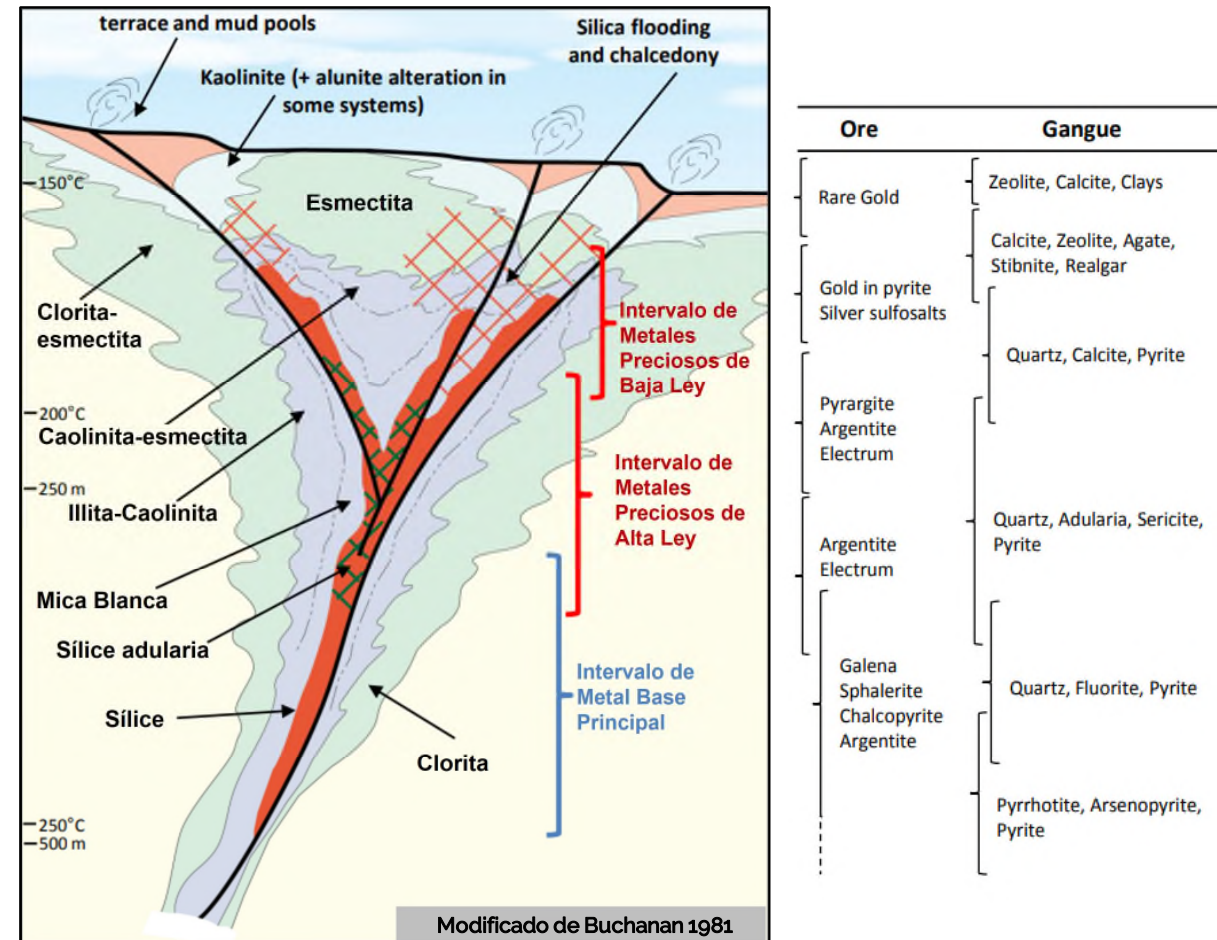
# VNIR-SWIR: Enlaces Moleculares Detectables



# Depósitos Epitermales de Baja Sulfuración

- Los depósitos epitermales de baja sulfuración (BS) representan importantes recursos de oro y plata.
  - El plomo y el zinc son comunes a profundidad y el cobre también puede ocurrir en las partes más profundas de algunos sistemas.
- Se forman en ambientes geotérmicos o de aguas termales, a poca profundidad (típicamente <500 m).
- La mineralización ocurre predominantemente en vetas y stockworks con diseminaciones menores.
  - Las estructuras son controles fundamentales sobre el desarrollo de vetas y la ubicación de la mineralización.
  - La distribución del metal está dividida en zonas con respecto al nivel de ebullición.
- La mineralogía de ganga está dominada por cuarzo (y otras formas de sílice), adularia +/- calcita con illita, arcillas y clorita, epidota, carbonato más distal.
  - Alteración típica de baja temperatura, pH casi neutro.

Modelo Esquemático: Sistema de Vetas Au-Ag de Baja Sulfuración

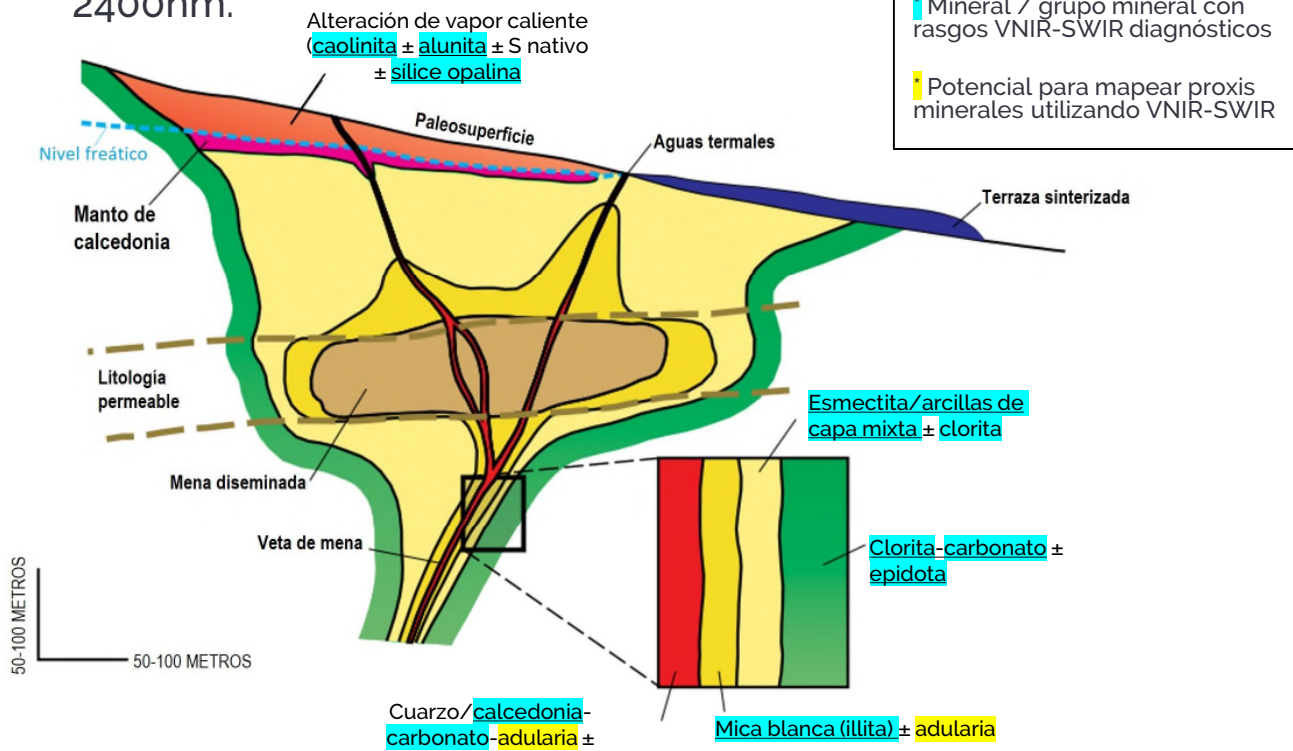


(Wilson y Tunningley, 2013)

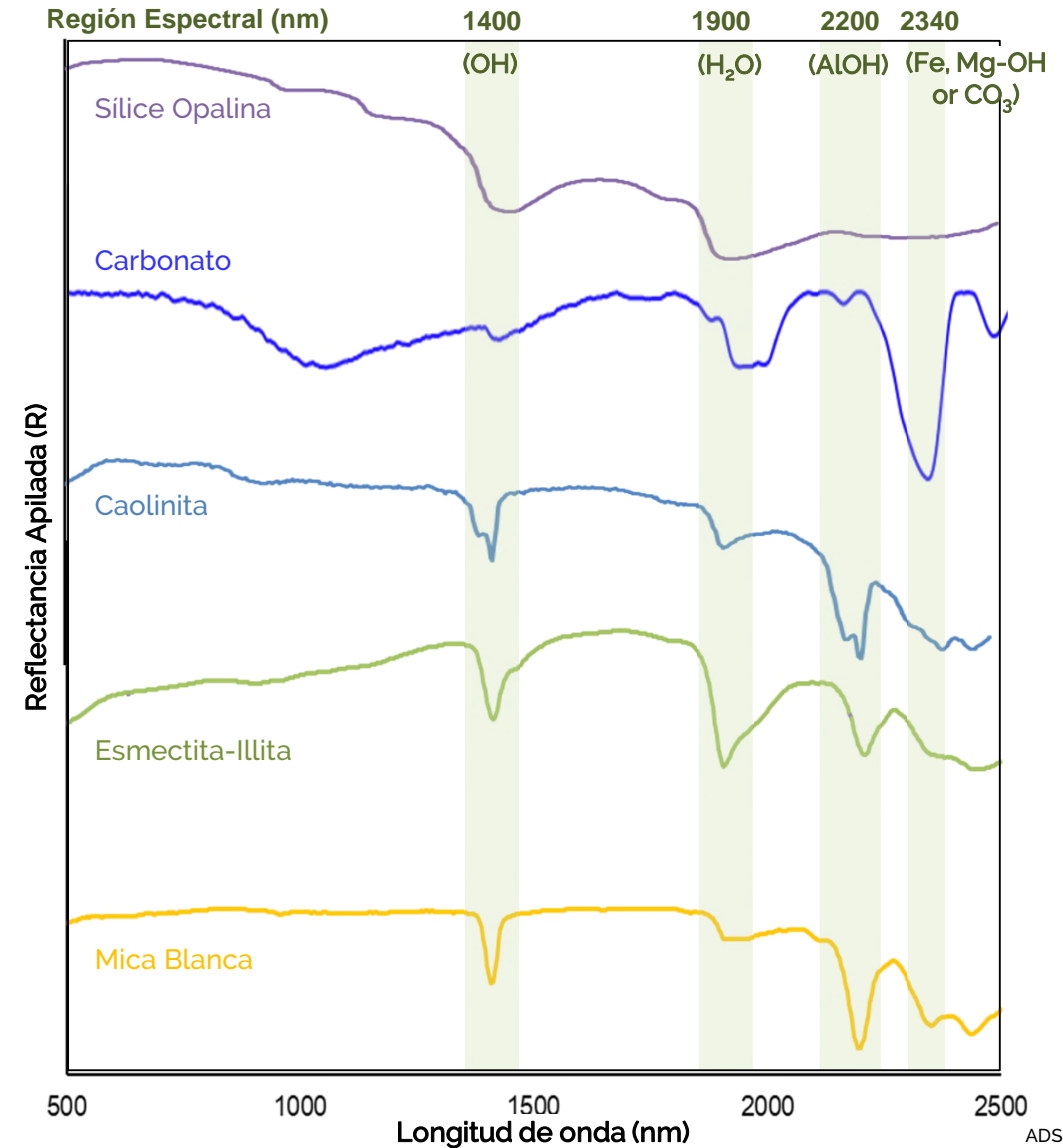


# Depósitos Epitermales BS: Mineralogía de Alteración

- La mineralogía de alteración en los sistemas de baja sulfuración está dominada por arcillas, micas, carbonatos, especies de sílice y zeolitas.
- Estos grupos minerales son ideales para la espectroscopia SWIR con rasgos de absorción diagnósticos en el rango de ~1400nm a 2400nm.



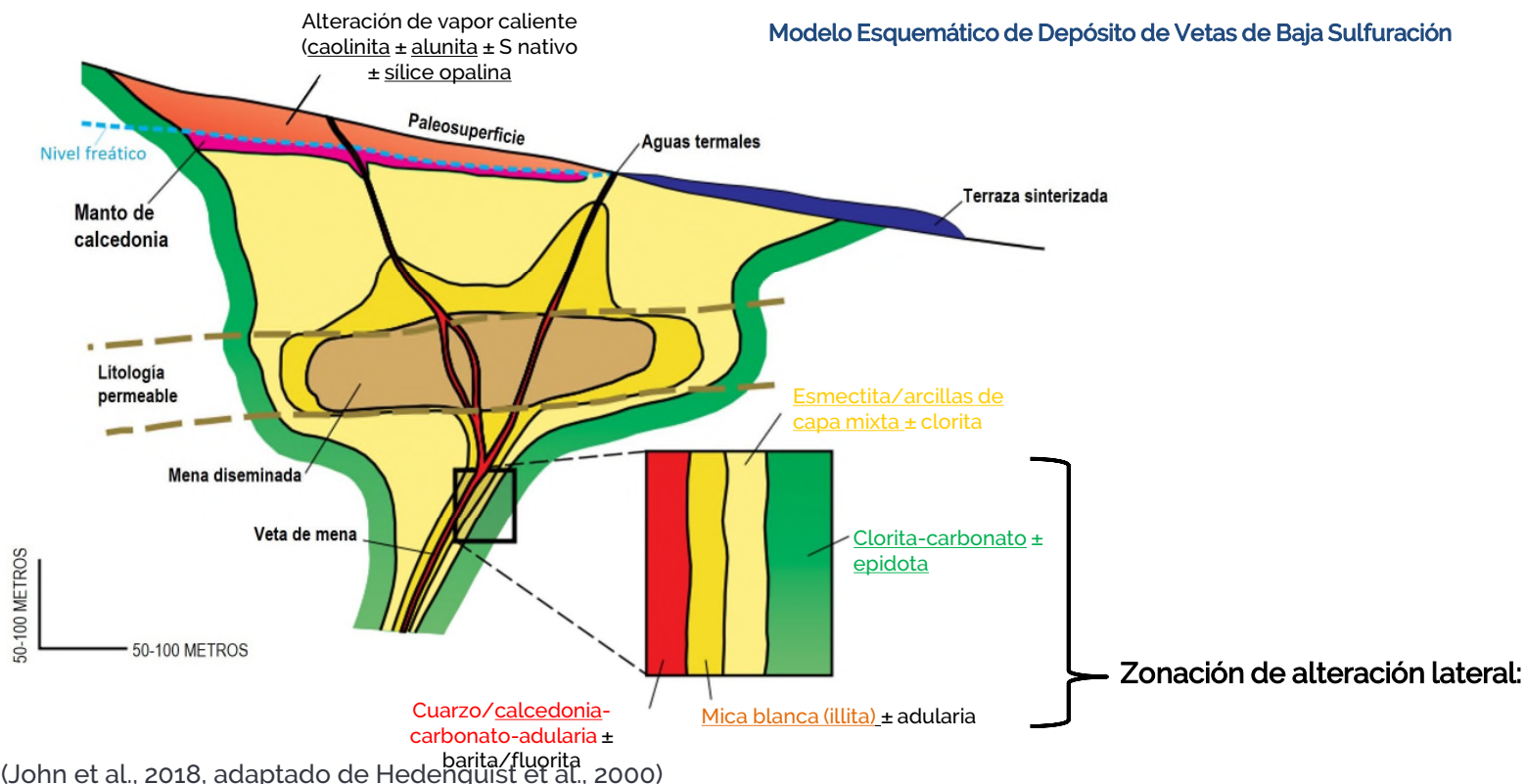
Modelo Esquemático de Depósito de Vetas de Baja Sulfuración (John et al., 2018, adaptado de Hedenquist et al., 2000)



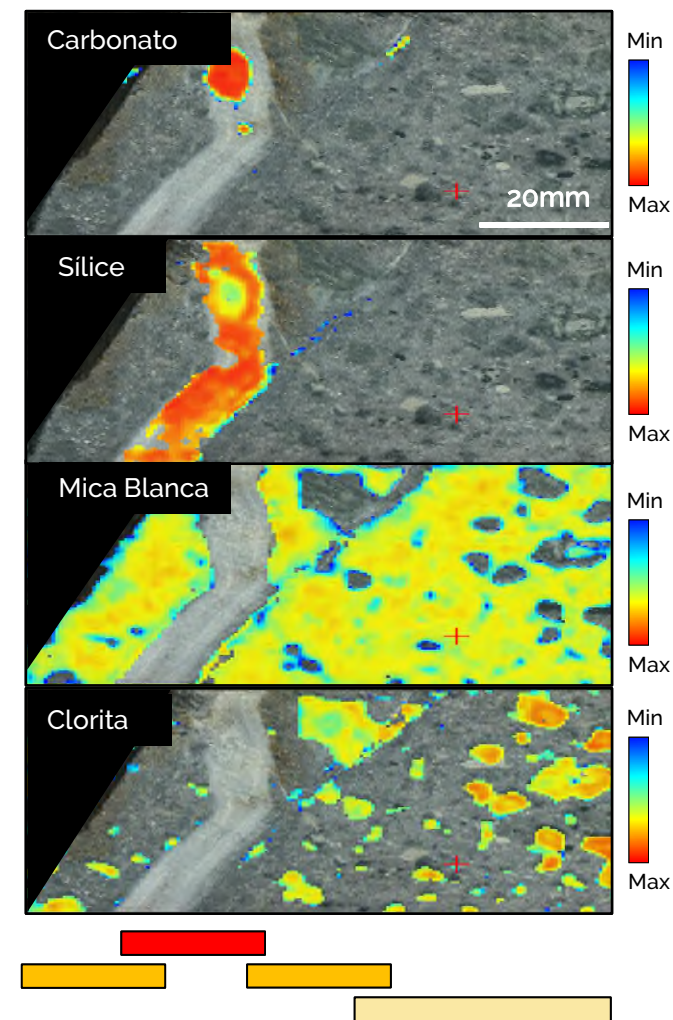
# Depósitos Epitermales BS: Zonación de Alteración

Powered by Epiroc

- Los depósitos epitermales BS se caracterizan por una fuerte zonación de alteración vertical y lateral lejos de las estructuras alimentadoras.
- Esta zonificación refleja la migración progresiva de fluidos hidrotermales lejos de los conductos primarios y coincide con la zonificación geoquímica y de metales.



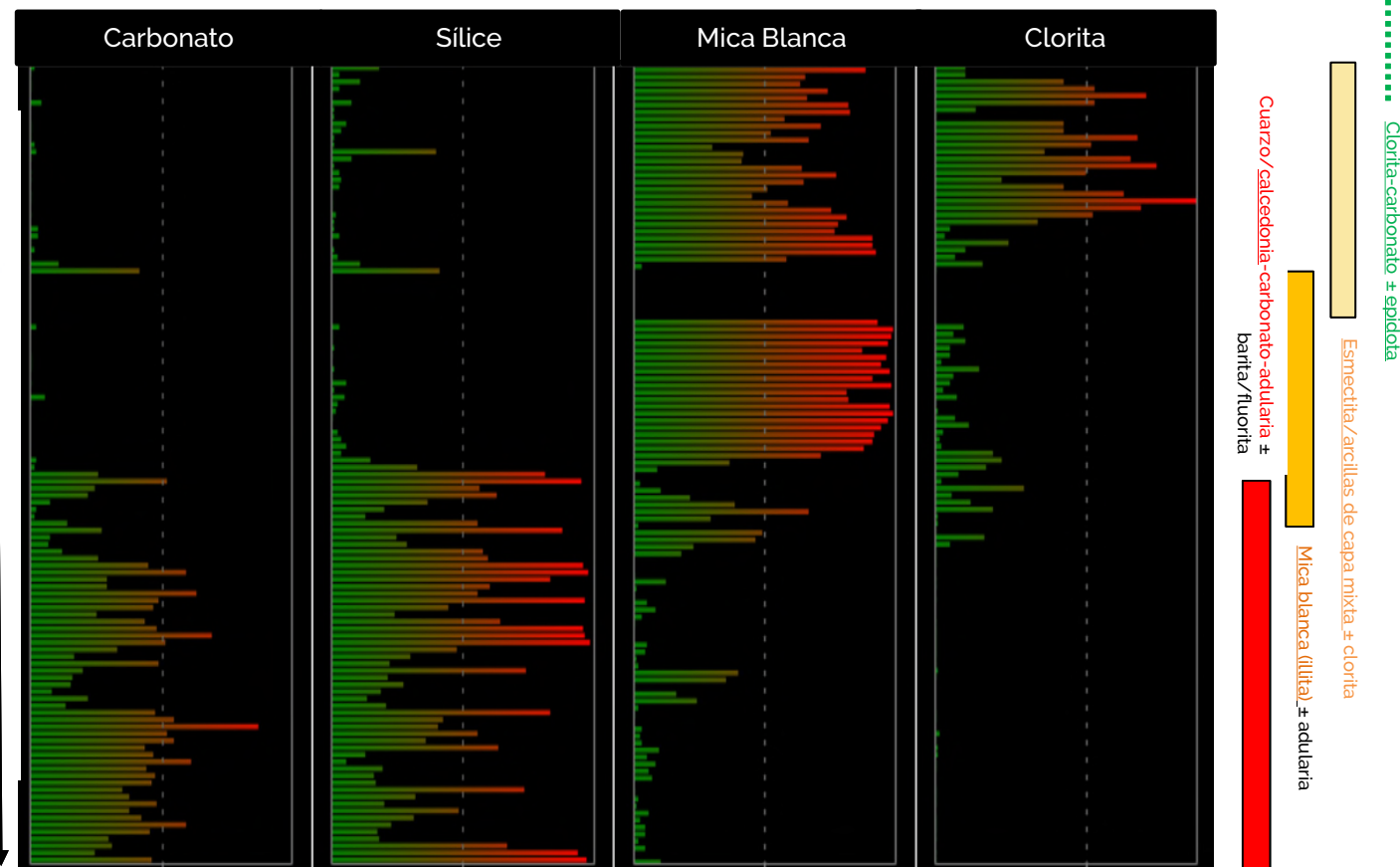
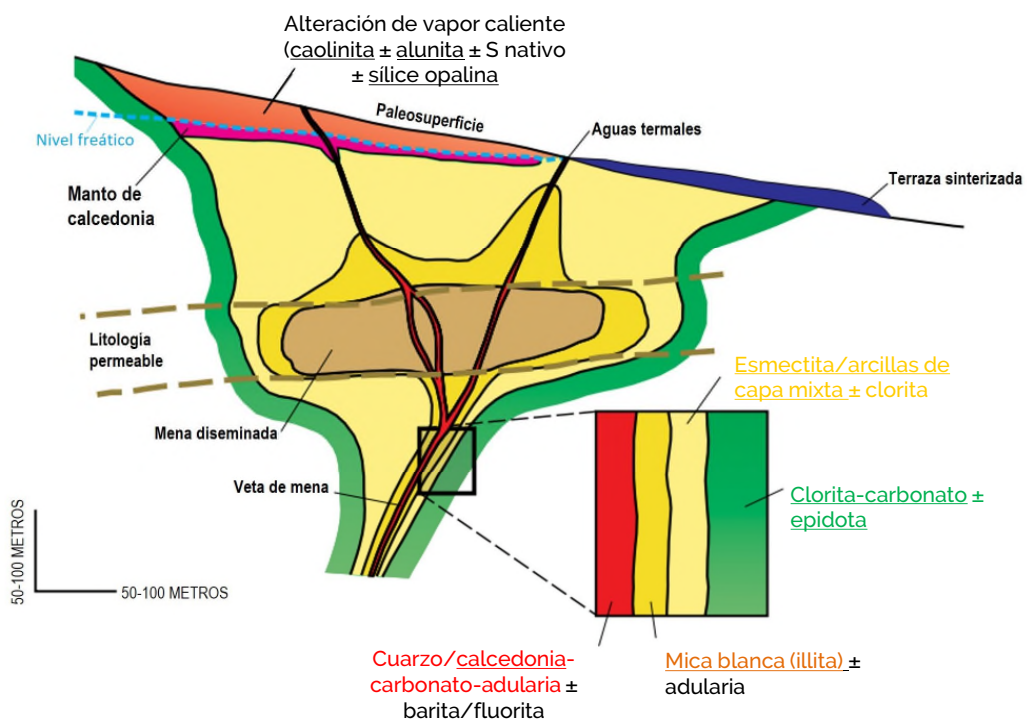
Ejemplo: zonación de alteración a pequeña escala alrededor de una veta epitermal de carbonato y sílice



# Depósitos Epitermales BS: Zonación de Alteración

Example: Broad alteration zonation\* around epithermal carbonate-silica vein system (Mexico)

Modelo Esquemático de Depósito de Vetas de Baja Sulfuración

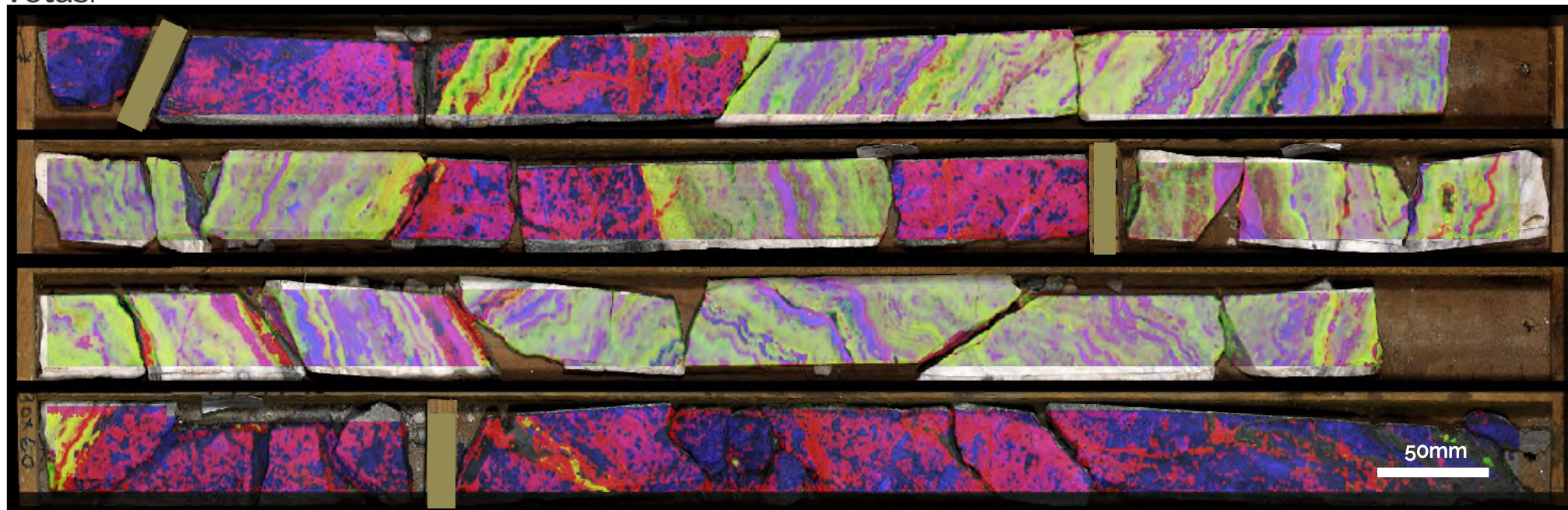


\* Abundancia relativa de mineralogía downhole mapeada por Corescan HCI-3.



# Depósitos Epitermales BS: Proxy de Adularia

- La adularia es un componente clave de la mayoría de los depósitos de vetas de Au-Ag BS; sin embargo, a diferencia de muchos otros minerales de ganga en estos sistemas, la adularia (por ejemplo, la variedad de baja temperatura de feldespato K) no tiene rasgos de absorción diagnósticos en la región VNIR-SWIR.
- Sin embargo, se puede utilizar el análisis hiperespectral para generar proxies para mapear variaciones en la adularia y otros minerales inactivos SWIR. Los métodos pueden incluir radios de bandas, parámetros de rasgos de absorción y asociaciones de minerales para mapear una variedad de ensamblajes y/o tipos de vetas.



Asignaciones de bandas de imagen:

**Rojo** = Reflectancia 1850nm / 1350nm

**Verde** = Intensidad de coincidencia de sílice hidratada

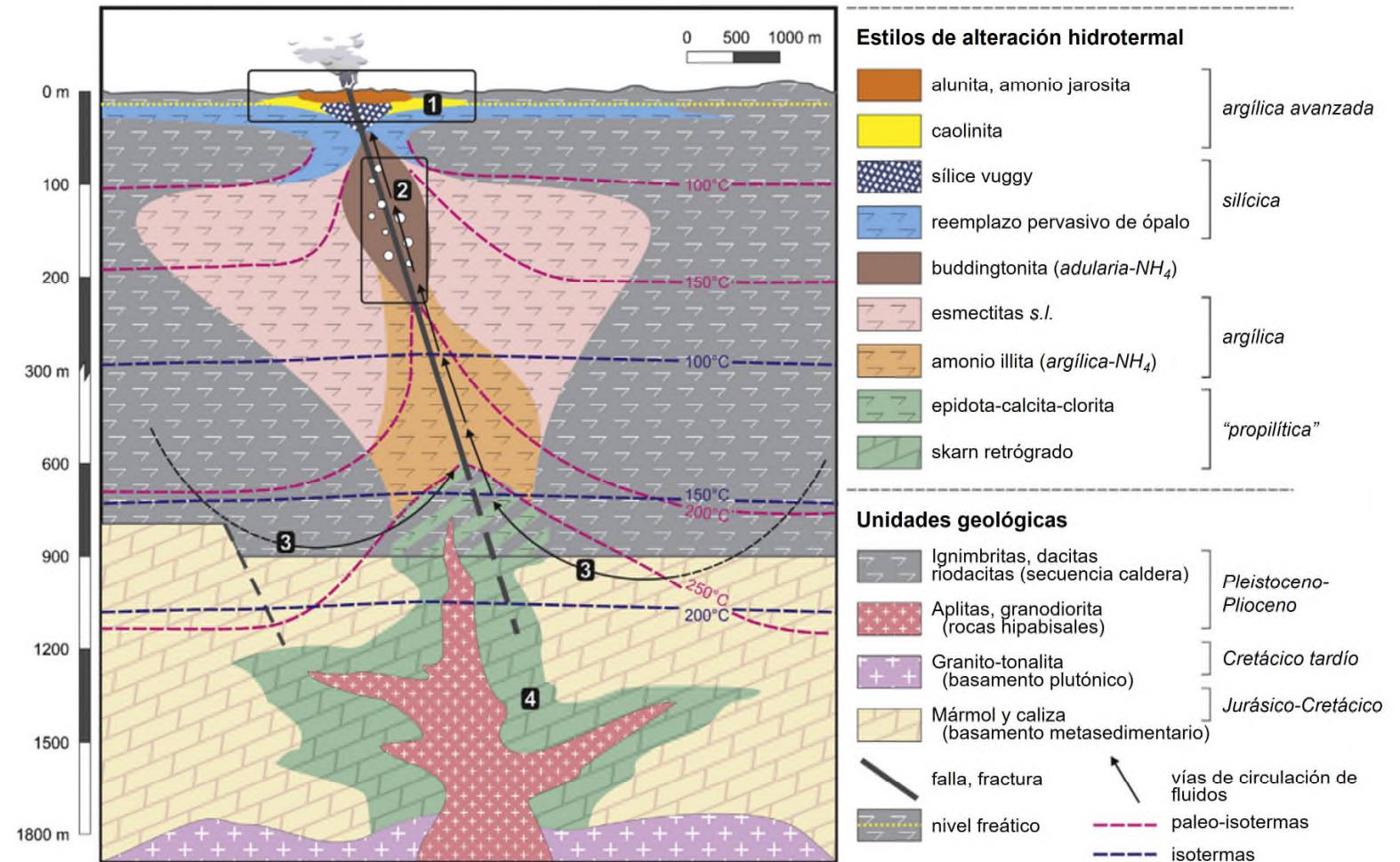
**Azul** = profundidad del rasgo de absorción a 2200nm

Ejemplo: Imágenes hiperespectrales de bandas de cuarzo (sílice) – vetas de adularia

# Depósitos Epitermales BS: Amonio

- En ciertos depósitos epitermales de BS, la ocurrencia de especies minerales portadoras de  $NH_4$  es de interés.
  - Se requiere la presencia de secuencias sedimentarias ricas en materia orgánica como fuente de amonio.
- La buddingtonita, illita- $NH_4$  & jarosite- $NH_4$  son las especies más comúnmente mapeadas.
  - Fácilmente mapeadas utilizando rasgos SWIR distintivos.

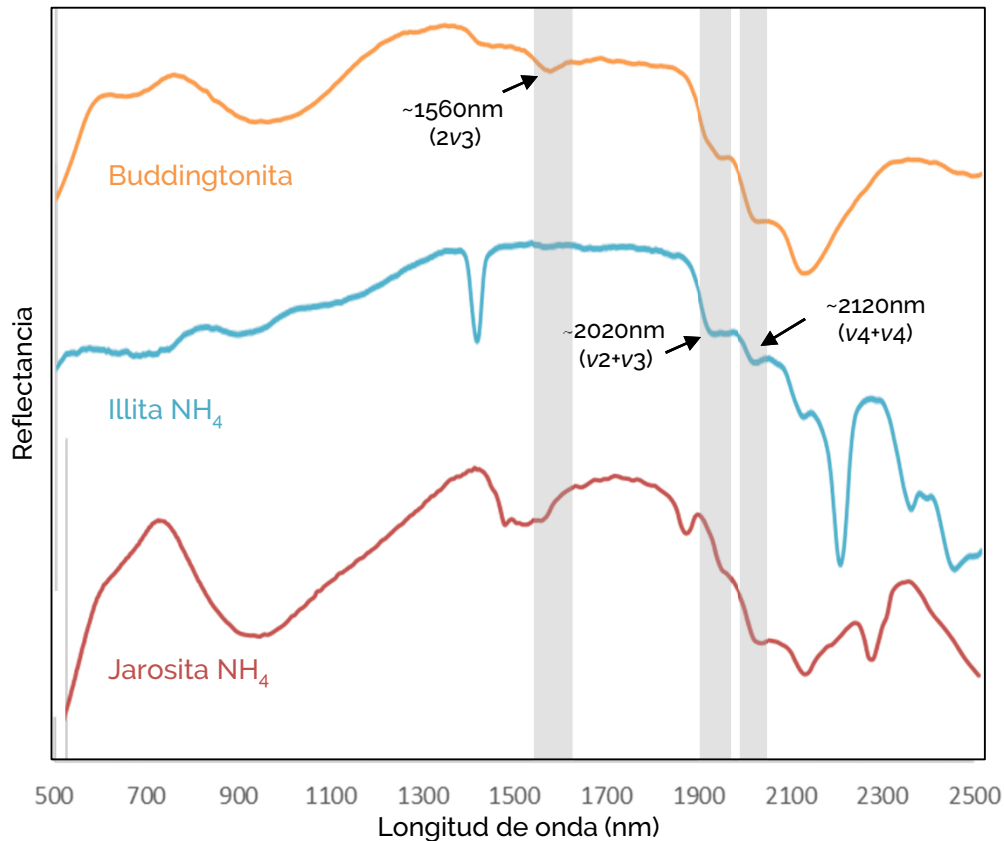
Modelo de alteración hidrotermal para la zona geotérmica de Acoculo, Oriente de México





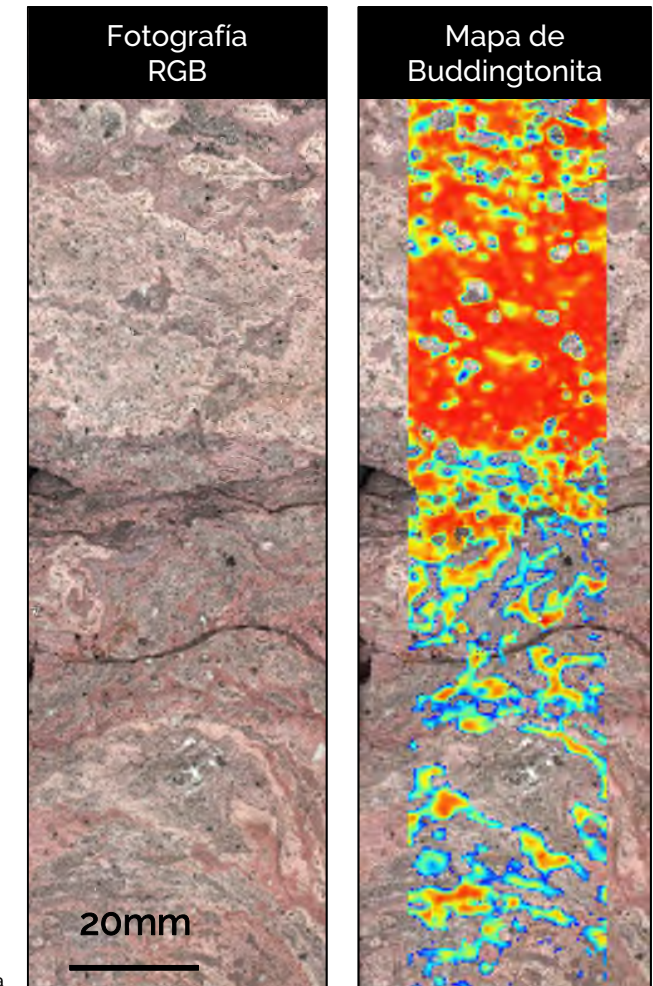
# Depósitos Epitermales BS: Amonio

- Las arcillas, los sulfatos y el feldespato (buddingtonita) que contienen amonio tienen rasgos diagnósticos en el rango SWIR y pueden identificarse fácilmente utilizando la tecnología de imágenes hiperespectrales de Corescan.



Espectros de referencia seleccionados que muestran las posiciones del NH<sub>4</sub><sup>+</sup>- bandas de combinación y sobre tono asociadas\*

Buddingtonita-adularia-sílice bandeado en depósito BS rico en Au (México)

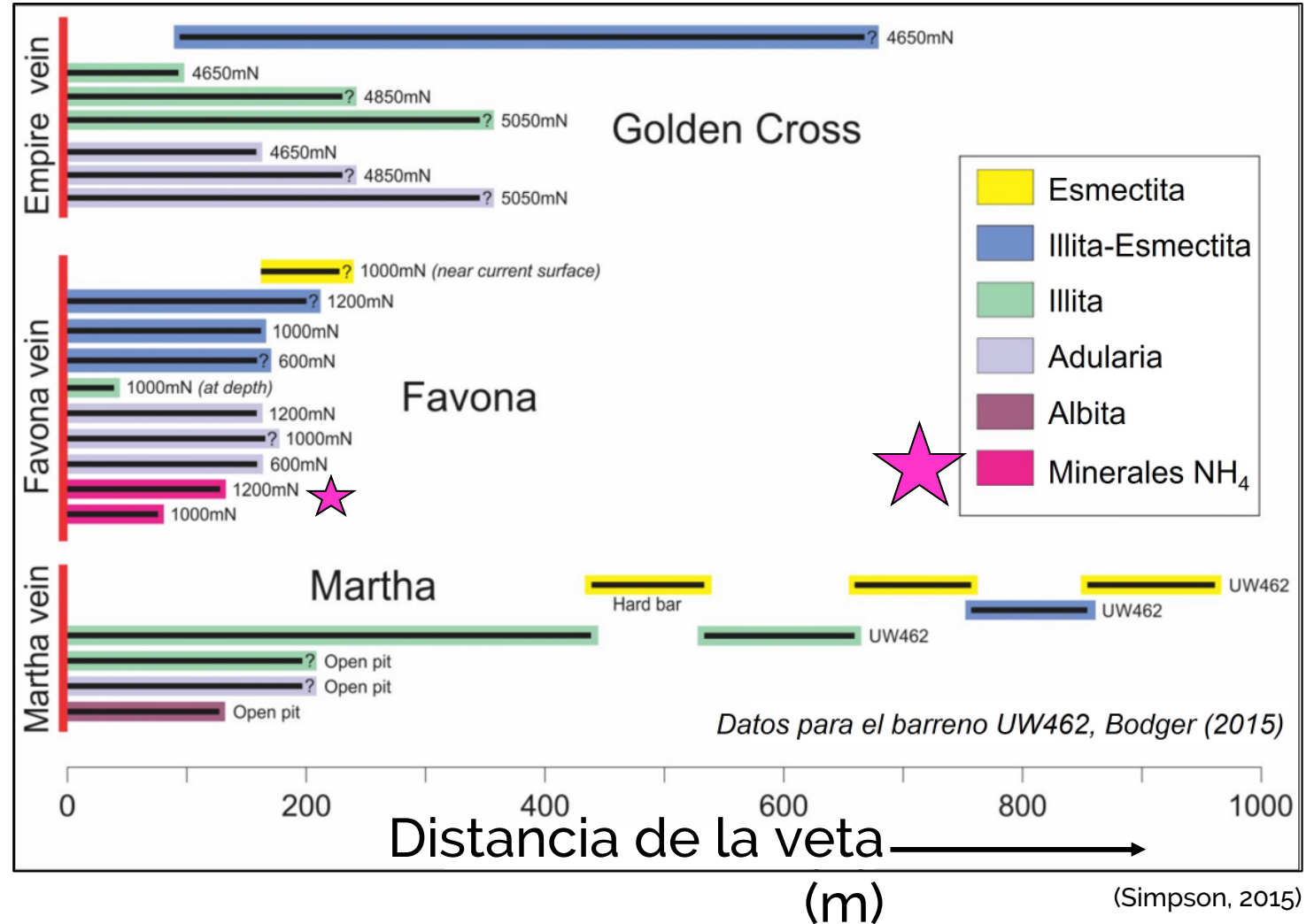




# Depósitos Epitermales BS: Amonio

- Se sabe que las especies de  $\text{NH}_4^+$  tienen una relación espacial con la mineralización en muchos depósitos epitermales de BS.
  - Estas especies generalmente ocurren por encima o cerca de vetas ricas en Au.
  - Ejemplo: Favona, Hauraki Goldfield, Nueva Zelanda (Simpson, 2015).
- Nota: El acomplejamiento de Au con amoníaco también puede desempeñar un papel en el enriquecimiento de Au de los sistemas epitermales BS (Harlap, 2008).

Minerales de alteración y proximidad de vetas, Hauraki Goldfield (NZ)

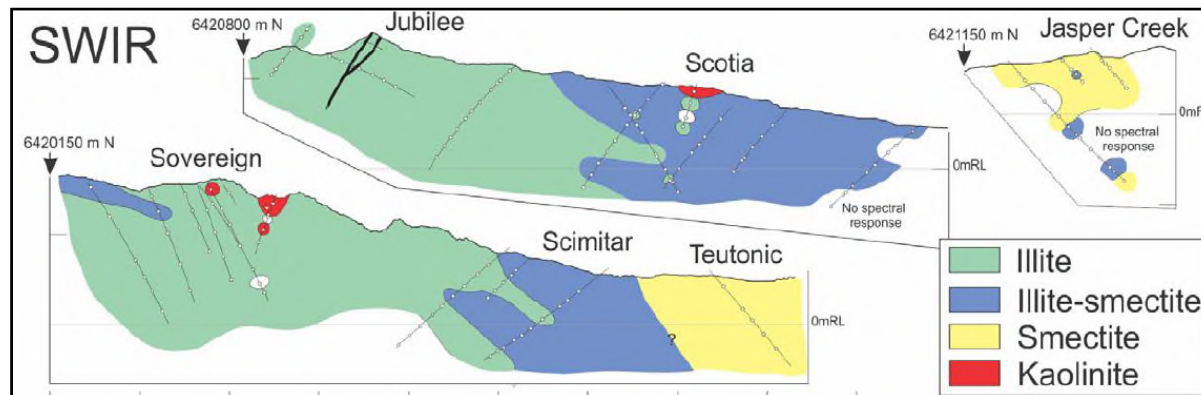


# Depósitos Epitermales BS: Alteración Distal

- En los depósitos epitermales de BS, las zonas de alteración propilitica distal y cerca de la superficie pueden estar muy extendidas (hasta ~ km desde la fuente).
- Apuntar a brotes de mineral angostos y de alta ley dentro de estas amplias zonas puede ser un desafío, pero la mineralogía hiperespectral y la atención cuidadosa a especies minerales específicas pueden proporcionar vectores de exploración efectivos.
- **Ejemplo:** Zonificación mineral de mica blanca y arcilla (esmectita).

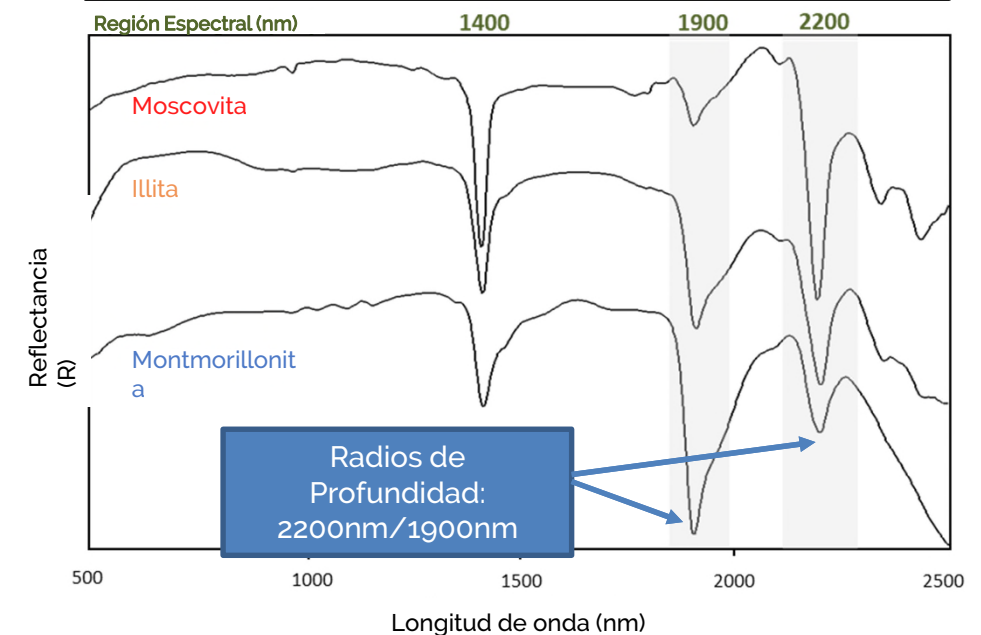
La zonificación de illita a capa mixta illita-esmectita a esmectita puede definir el contorno general del sistema de alteración periférico al núcleo del sistema.

Depósito Waitekauri, Hauraki Goldfield (NZ)



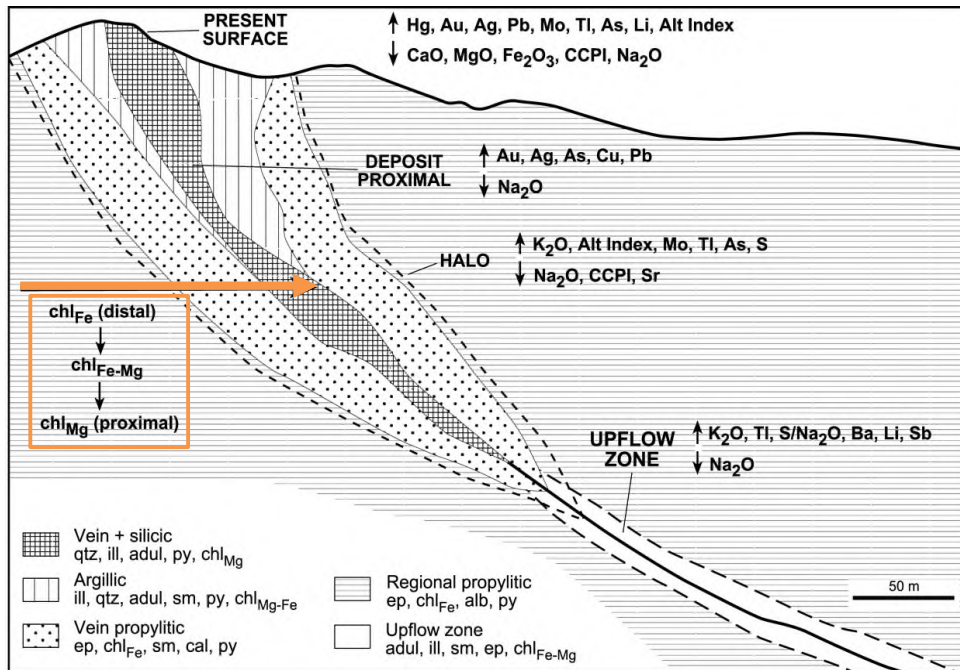
(Simpson, 2015)

Las variaciones en micas blancas (moscovita a illita), mezclas illita-esmectita y esmectita se pueden mapear consistentemente usando una combinación de absorciones de rasgos espectrales y profundidades de banda.

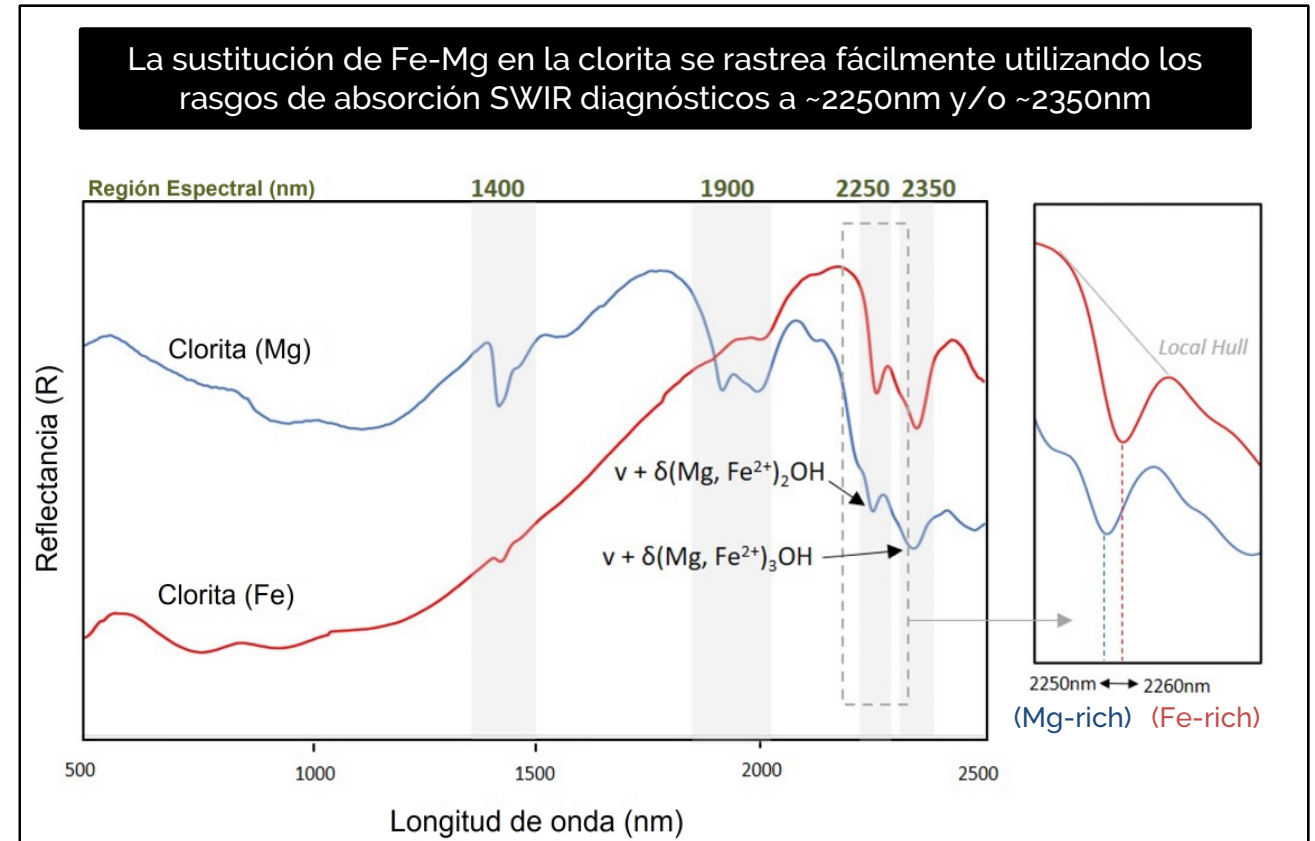


# Depósitos Epitermales BS: Alteración Distal

- En algunos depósitos epitermales de BS, se produce una zonificación consistente en la alteración de la química mineral alrededor del sistema de vetas mineralizadas (coincidente con la zonificación de metales y otros vectores geoquímicos).
- La mineralogía hiperespectral y la atención cuidadosa a especies minerales específicas pueden proporcionar vectores de exploración efectivos.
- **Ejemplo: Química del Mineral Clorita**  
Depósito Au-Ag Gosowong, Indonesia



Gemmell (2007)

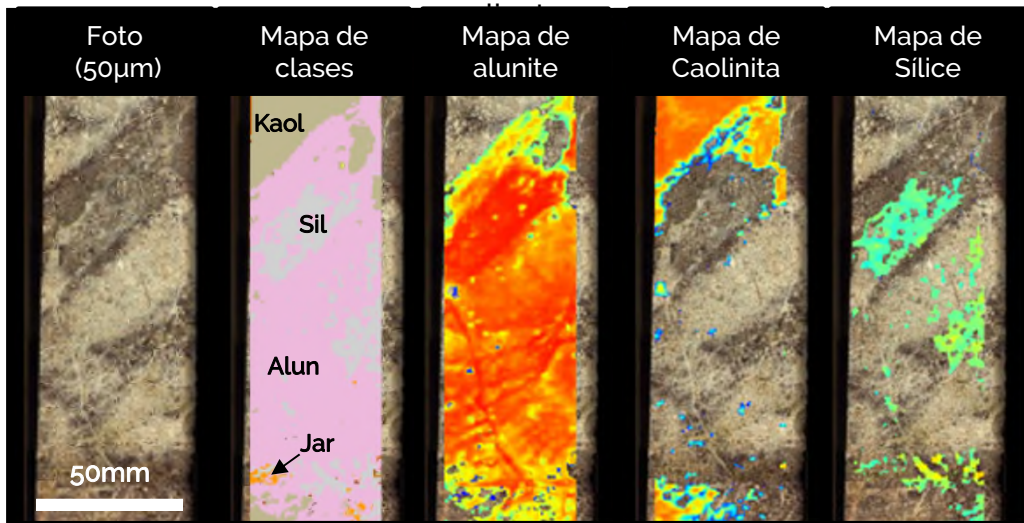




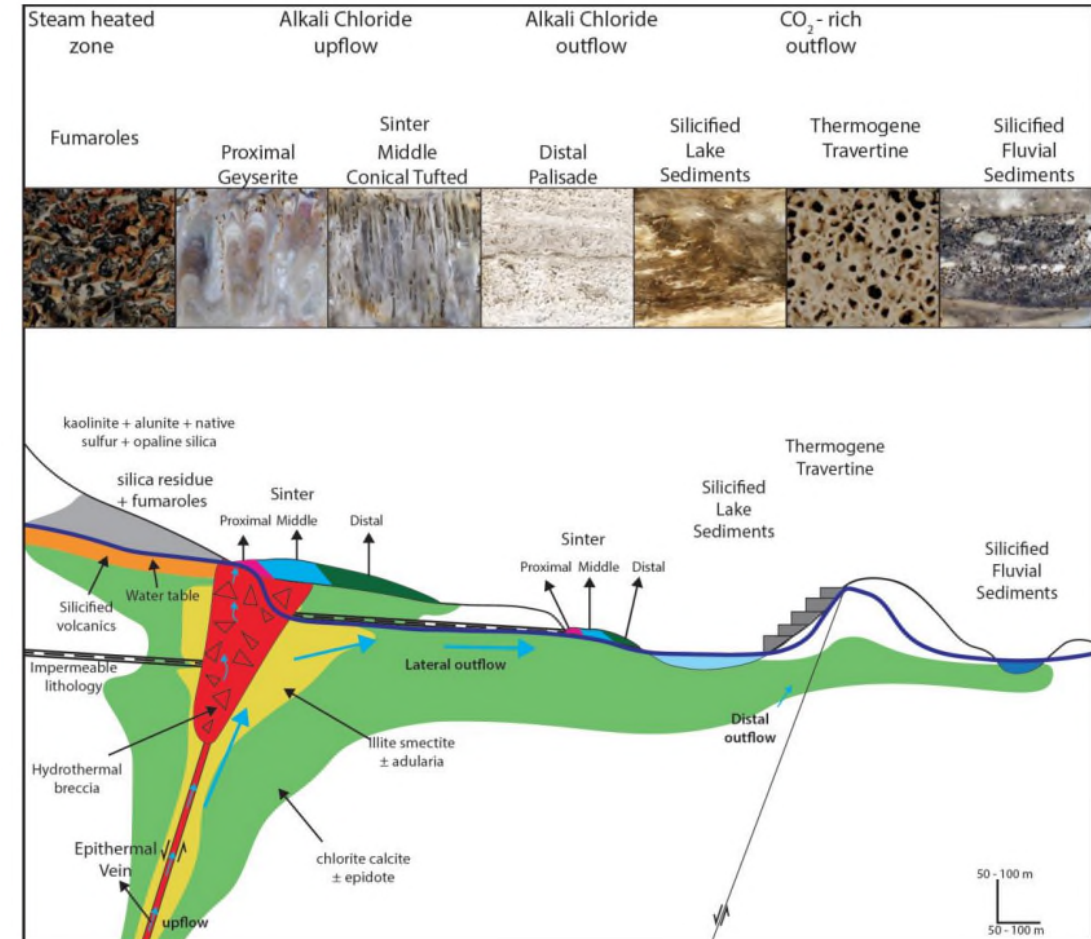
# Depósitos Epitermales BS: Expresión Superficial

- La expresión superficial de los depósitos epitermales de BS puede ser extremadamente variable.
- Durante la formación, el flujo ascendente y saliente del fluido geotérmico puede dar como resultado una variedad de características superficiales diferentes (sínteres silíceos, fumarolas, travertino y otros).
- El potencial de conservación de este material es muy bajo, pero aún se puede encontrar en algunos depósitos, particularmente en sistemas muy jóvenes.
- HSI y el mapeo de fases minerales clave pueden ayudar a diferenciar las zonas de alteración y mapear la distribución de conjuntos complejos.

Eemplo: Ocurrencias de alunita para delinear la alteración de vapor



## Manifestaciones Superficiales de Sistemas Epitermales

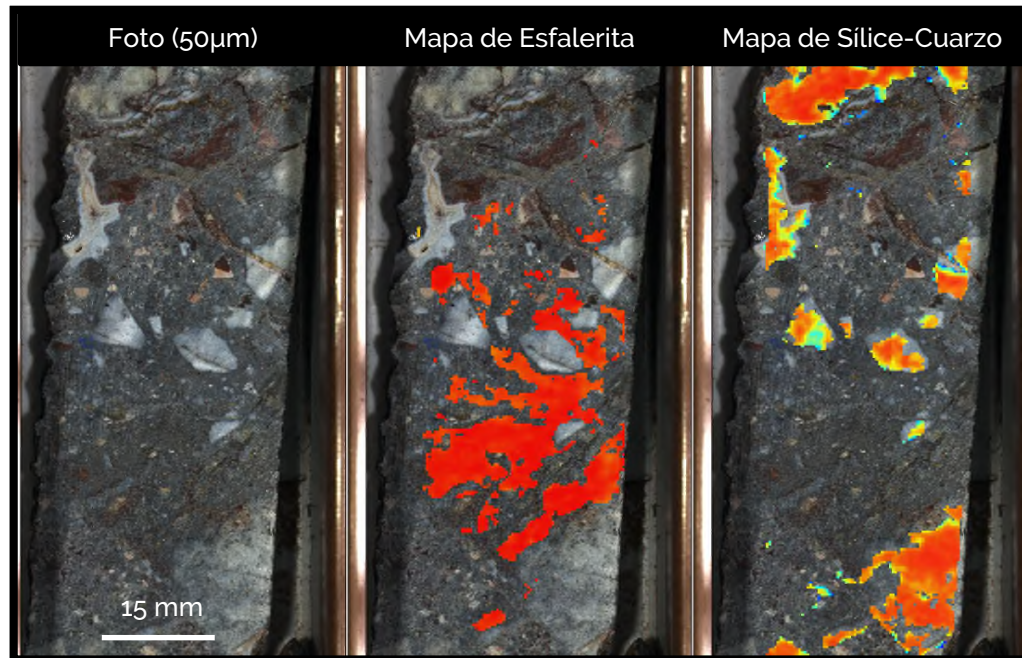


(Hamilton et al., 2019)

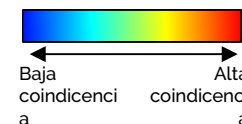
# Depósitos Epitermales BS: A Profundidad

- Contenido de metal y mineralogía de alteración en la zona de sistemas epitermales en profundidad a ensamblajes de mayor temperatura.
- Los sulfuros de metales básicos (p. ej., esfalerita) y las micas blancas de mayor temperatura (p. ej., moscovita) son indicadores clave de profundidad en la mayoría de los sistemas.

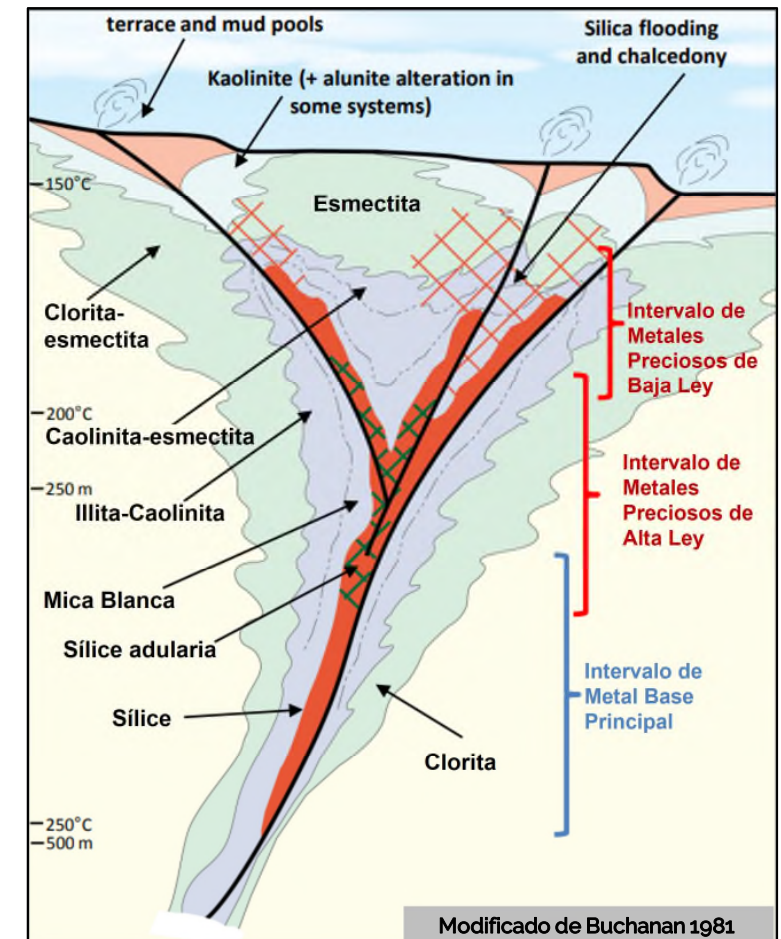
Ejemplo: Veta de sílice-cuarzo brechada y relleno de esfalerita



Nota: Los sistemas geotérmicos se forman en ambientes geotectónicos y erosivos dinámicos; son típicos el efecto telescópico y la superposición tanto de la alteración como de la mineralización. Las transiciones a depósitos de estilo de sulfuración intermedia son particularmente comunes a profundidad.



Modelo Esquemático:  
Sistema de Vetas Au-Ag de Baja Sulfuración



(Wilson y Tunningley, 2013)

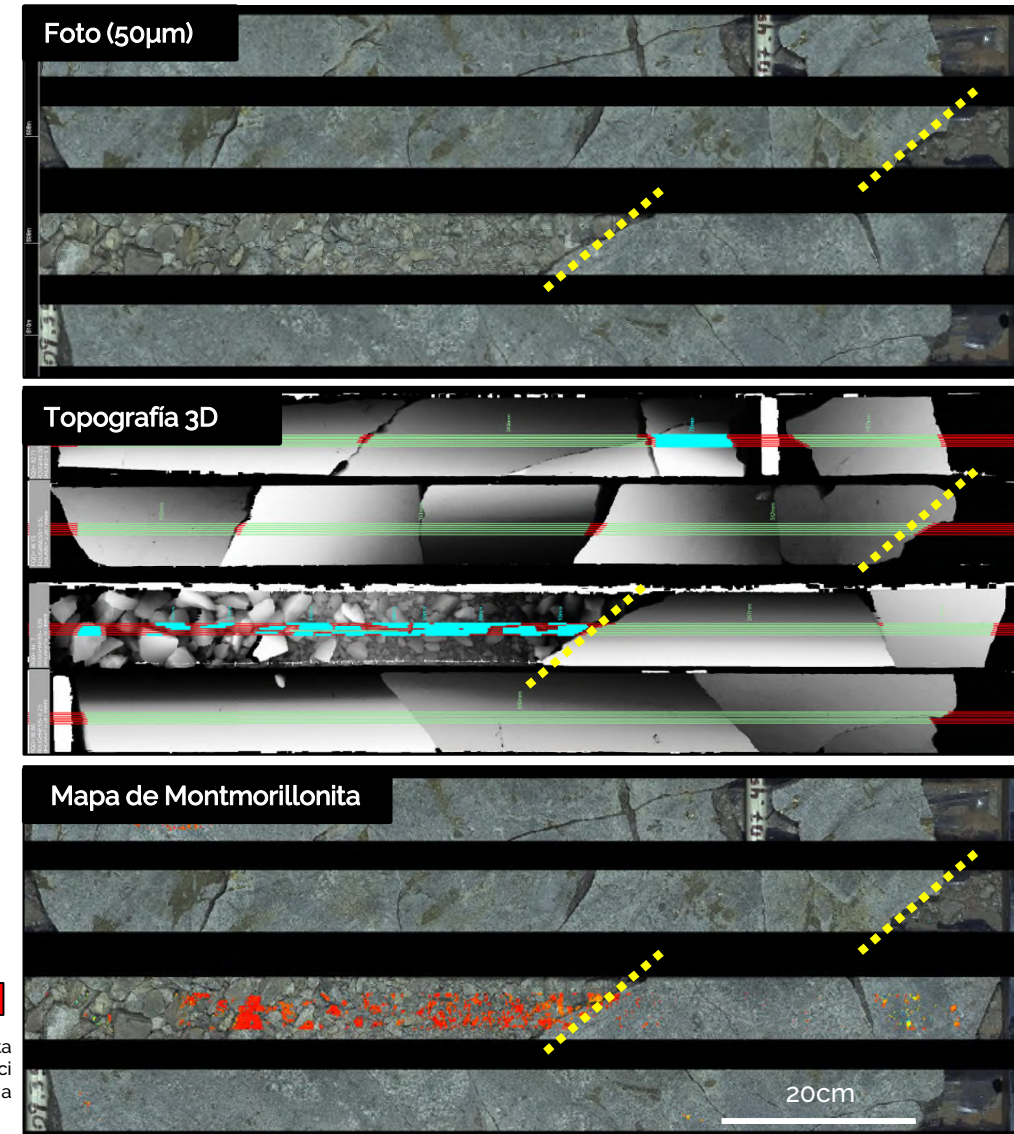
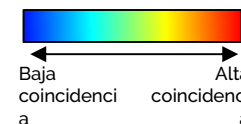
# Rasgos Estructurales



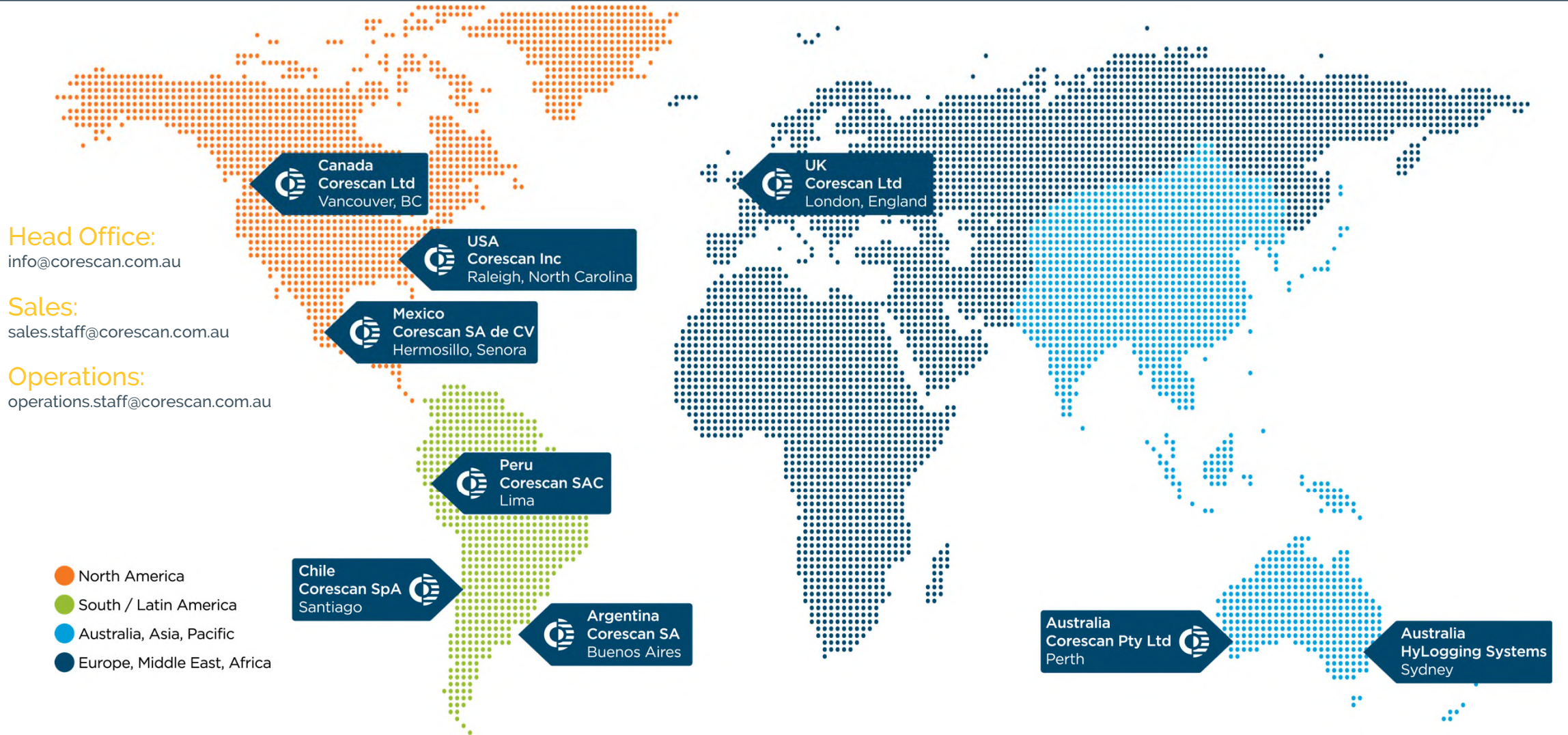
# Detección y Mapeo de Fallas

- Los cambios mineralógicos intensos y las zonas de brecha en el núcleo pueden indicar la presencia de fallas o gubia de falla.
- Las arcillas (esmectitas, caolinita, illita) son componentes comunes en las gubias de falla, las cuales todas son identificables con rasgos diagnósticos en SWIR.
- Los datos del perfilador láser (topografía 3D) pueden utilizarse para calcular variables geotectónicas simples (etiquetados como “pseudo” parámetros para distinguirlos de los datos geotectónicos tradicionales).
- Fracturas promedio por metro (*pseudo-average*), un proxy de rugosidad de superficie, y valores de pseudo RQD, son productos estándar de CoreScan.

Etiqueta de Imagen	Descripción
RQD	$\Sigma$ Largo de núcleo > 10cm / total largo de intervalo de núcleo (de Deere et al., 1957)
Breaks	Identificación de fracturas a través de la detección de la altura de núcleo debajo de un límite determinado (incluye fracturas naturales y mecánicas)
Roughness	Basada en la variación promedio de altura en la superficie del núcleo (debajo de un umbral gradiente determinado)



# Corescan Offices



**Head Office:**  
info@corescan.com.au

**Sales:**  
sales.staff@corescan.com.au

**Operations:**  
operations.staff@corescan.com.au

- North America
- South / Latin America
- Australia, Asia, Pacific
- Europe, Middle East, Africa



## Quick Contacts

**Head Office:** [info@corescan.com.au](mailto:info@corescan.com.au)  
**Sales:** [sales.staff@corescan.com.au](mailto:sales.staff@corescan.com.au)  
**Operations:** [operations.staff@corescan.com.au](mailto:operations.staff@corescan.com.au)

## Global Contacts

**Head Office**  
**CoreScan Pty Ltd**  
1/127 Grandstand Road  
Ascot, WA, 6104  
Australia  
T: +61 8 9277 2355  
[corescan.com.au](http://corescan.com.au)

**Chile**  
**CoreScan SpA**  
San Pablo #9900  
Oficina 5, Edificio 1  
Pudahuel, Santiago, Chile  
T: +56 2 2712 5057  
E: [info@corescan.cl](mailto:info@corescan.cl)  
[corescan.cl](http://corescan.cl)

**Mexico**  
**CoreScan SA de CV**  
Rosa de Castilla Poniente 5  
Col. Quinta Emilia, C.P. 83214  
Hermosillo, Sonora, México  
T: +52 55 5350 5577  
E: [info@corescan.mx](mailto:info@corescan.mx)  
[corescan.mx](http://corescan.mx)

**Canada**  
**CoreScan Ltd**  
1055 W. Hastings St, Suite 1900  
Vancouver, BC, V6E2E9  
Canada  
T: +1 778 715 9991  
E: [info@corescan.com.au](mailto:info@corescan.com.au)  
[corescan.com.au](http://corescan.com.au)

**Australia, Asia, Pacific**  
**CoreScan Pty Ltd**  
1/127 Grandstand Road  
Ascot, WA, 6104  
Australia  
T: +61 8 9277 2355  
E: [info@corescan.com.au](mailto:info@corescan.com.au)  
[corescan.com.au](http://corescan.com.au)

**UK, Europe**  
**CoreScan Ltd**  
4/219 Kensington High Street  
Kensington, W8 6BD  
England, United Kingdom  
T: +44 203 389 7522  
E: [info@corescan.co.uk](mailto:info@corescan.co.uk)  
[corescan.co.uk](http://corescan.co.uk)

**Peru**  
**CoreScan SAC**  
Av. San Borja Sur 947  
Urb. San Borja. Lima  
Perú  
T: +51 1 700 3328  
E: [info@corescan.pe](mailto:info@corescan.pe)  
[corescan.pe](http://corescan.pe)

**USA**  
**CoreScan Inc**  
104 S. Estes Drive, Suite K  
Chapel Hill, NC, 27514  
USA  
T: +1 919 964 5050  
E: [info@corescan.com.au](mailto:info@corescan.com.au)  
[corescan.com.au](http://corescan.com.au)

**Argentina**  
**CoreScan SA**  
Reconquista 672, Piso 8  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Argentina  
T: +54 11 5171 4330  
E: [info@corescan.com.au](mailto:info@corescan.com.au)  
[corescan.com.au](http://corescan.com.au)



# Disclaimer



The information contained in this document is confidential, privileged and only for the information of the intended recipient and may not be used, published or redistributed without the prior written consent of Geoscan Pty Ltd (“Company”) and its controlled entities including Corescan, Coreshed and HyLogger (“Group”). The opinions expressed are in good faith and while every care has been taken in preparing these documents, the Company makes no representations and gives no warranties of whatever nature in respect of these documents, including but not limited to the accuracy or completeness of any information, facts and/or opinions contained therein. The Company, its controlled entities, the directors, employees and agents cannot be held liable for the use of and reliance of the opinions, estimates, forecasts and findings in these documents.